This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

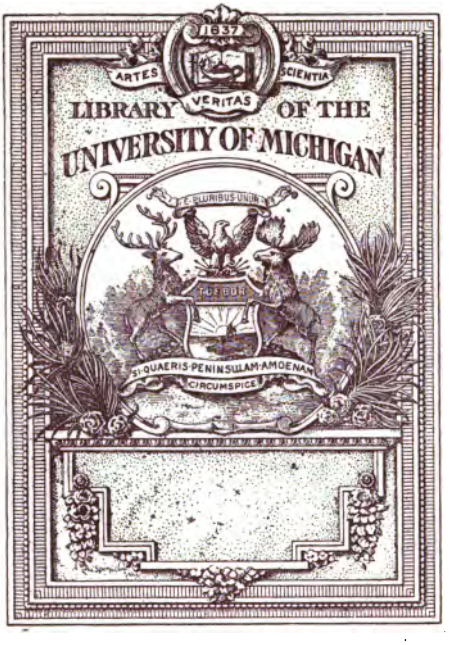
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

QB
633
.B56



THE GIFT OF
Prof. Alex. Ziwet.

2932
8369
Alexander Ziegler

Sammlung
gemeinverständlicher
wissenschaftlicher Vorträge,

herausgegeben von

Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorff.

VI. Serie.
(Heft 121 – 144 umfassend.)

Heft 132.

Die Beweise
für
die Bewegung der Erde.

Von

F. Bessell.

Berlin, 1871.

C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.
Carl Habel.

Im Abonnement auf die ganze Serie (Heft 121—144) dieser Sammlung ist der Preis eines jeden Heftes nur 5 Sgr.
Es wird gebeten, die andern Seiten des Umschlages zu beachten.

In demselben Verlage erschien:

Adami, C., Das Weltall, populär beschrieben und bildlich dargestellt. 4 Abtheilungen mit einem Atlas in Folio, in Mappe. 3 Thlr. 20 Sgr.

(Jede Abtheilung ist auch apart käuflich und kostet mit der dazu gehörigen Tafel 25 Sgr.)

Abtheilung I.: **Die Erde.**
„ II.: **Der Mond.**
„ III.: **Das Sonnensystem.**
„ IV.: **Der gestirnte Himmel.**

Allen denen, welche sich durch Selbstunterricht mit unserem Weltensystem vertraut machen wollen, so wie den Vereinen, sei das leicht verständliche, die Anschauung durch gute Karten unterstützende Werk auf das Wärmste empfohlen. Wir dürfen wohl sagen, dass durch dasselbe eine von Tausenden und aber Tausenden gefühlte Lücke glücklich ausgefüllt ist. (So sagt die Romanzeitung in Nr. 27, 1870.)

Der Text behandelt den Gegenstand populär, zugleich aber so gründlich, dass der Leser in befriedigender Weise darüber unterrichtet wird. Die Tafeln sind gross und schön ausgeführt, es ist Alles darauf dargestellt, was der Veranschaulichung bedurfte; dieselben haben eine Grösse von 28 : 22 Zoll und sind zum Theil in Farben ausgeführt. Zur Empfehlung des Werkes fügen wir noch hinzu, dass der Verfasser derselbe ist, der sich durch seine trefflichen Erd- und Himmelsgloben in weiteren Kreisen vortheilhaft bekannt gemacht hat.

(So sagt Herr Seminardirector Lüben im pädagogischen Jahresbericht.)

Schon die äussere Anordnung des Stoffs weist auf den methodischen Gang hin, den der Verfasser nicht nur im allgemeinen, sondern auch in jedem besonderen Abschnitt verfolgt: vom Nähern zum Fernerliegenden, von der sinnlichen Wahrnehmung und Beobachtung zur Abstraction. Wie sehr es dem Verfasser daran gelegen, auf anschaulichem Wege dem denkenden Leser eine der Wahrheit entsprechende Auffassung des Weltenraumes und dessen wunderbarer Ordnung durch Klarheit der Darstellung zu vermitteln, beweist er durch den trefflich ausgestatteten „Atlas in Folio“ noch ganz besonders, den er dem Werke beigefügt. Die Figuren sind nett, plastisch, gross, in richtigen Licht- und Schattenverhältnissen gezeichnet und zaubern die Resultate Jahrhunderte langer, mühsamer Forschung vor das erstaunte Auge. So unterstützen sich gegenseitig der klare, bündige Text und die bildliche Darstellung, und ist es unserer Ansicht nach dem Verfasser vollkommen gelungen, den sichern Blick in die weise Weltordnung einem weit grössern Publikum zu vermitteln, als es auf streng wissenschaftlichem Wege auf diesem Gebiete möglich wäre.

(So sagen die liter. Mittheil. d. St. Galler Blätter in Nr. 24, 1870.)

2932

1.1

Alexander Ziwet

Die Beweise

für die

Bewegung der Erde.

Vortrag, gehalten im allgemeinen Lehrer-Verein zu Hildesheim
im Januar 1869

von

F. Bessell.

Berlin, 1871.
C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.
Carl Habel.

Gift of
Prof. A. Ziwet
Sept, 13 1906

Das Recht der Ueberſetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

Es ist in neuerer Zeit mehrfach und in auffälliger Weise eine astronomische Lehre in Zweifel gezogen, welche die gebildete Welt seit länger als einem Jahrhundert wie ein gesichertes Geistesbesitzthum anzusehen sich allmählich gewöhnt hat — der Satz, daß die Erde sich um die Sonne drehe.

Der Stein des unmittelbaren Anstoßes ist bekanntlich in einigen Stellen der Bibel zu finden, welche mit diesem Satze geradezu im Widerspruch zu stehen scheinen, hauptsächlich in den vielberufenen beiden Versen des 10. Capitel Josua und in der Erzählung von der Krankheit und Heilung des Königs Hiskia, die sich im 2. Buch der Könige und dann wiederholt in der Chronik und beim Jesaias findet. Mag sowohl letztere, wie auch unter Herbeiziehung von allerlei verzwickten Auslegungskünsten erstere Stelle einer rationalistischen Deutung fähig sein, so braucht man doch nur das 39. Capitel Hiob oder den 104. Psalm zu lesen, und noch an vielen anderen Stellen der Schrift nachzusehen, um sich zu überzeugen, daß die Verfasser der Bücher des alten wie neuen Testaments in ihren Anschauungen von der physischen Welt durchaus die allgemeine Ansicht des gesammten Alterthums theilten, welche ihren wissenschaftlichen Abschluß in der Ptolemäischen Hypothese über den Bau des Weltsystems ge-

170807

funden hat. Wer also die Meinungen der alten Juden und Griechen wie eine für Wissenschaft und Leben in allen Punkten unbedingt maßgebende Richtschnur glaubt ansehen zu sollen, der wird nicht nur jenen einzelnen Satz, sondern den ganzen Inbegriff derjenigen Lehren in Abrede nehmen müssen, welchen man mit dem Namen des Copernicanischen Systems zu bezeichnen pflegt, wiewohl dasselbe unter der allmählichen Einwirkung der Forschungen und Entdeckungen Kepler's, Galilei's und Newton's eine wesentlich abgeänderte und erweiterte Form angenommen hat.

Uebrigens besteht der Widerspruch keineswegs zwischen Religion und Astronomie. Daß diese beiden vielmehr vortrefflich neben einander bestehen, ja mit einander gehen können, ist nicht nur in älteren Zeiten, u. a. von Kepler und dem Carmeliter Foscarini, wie in neueren von Oersted — wer kennt nicht das anmuthige Gespräch im 3. Theil seines „Geist in der Natur" — und in umfänglicher Weise von H. Ulrici auf bündige Weise wissenschaftlich dargelegt, sondern mehr als dies — es ist von einer unabsehbaren Reihe von Astronomen und Philosophen, gelehrten und ungelehrten, Copernicus und Newton, Kant und Schleiermacher an der Spitze, durch ihr ganzes Leben, Denken und Handeln thatsächlich bewiesen.

Also nicht zwischen Christenthum und Wissenschaft, ja nicht einmal zwischen den Wortführern der Theologie und der Naturwissenschaften unserer Tage besteht ein Streit — kein namhafter Astronom oder Physiker hat das muthige Wort des berühmten Berliner Pastors wie eine Kriegserklärung aufgenommen —; der Streit ist vielmehr zwischen einerseits der älteren, mehr sinnlichen, ursprünglich menschlichen, um nicht zu sagen kindlichen Anschauungsweise, die wir füglich die Aristotelische nennen können, da sie unter dem Banner dieses Namens mehr als andert-

halb Jahrtauſende lang die Philoſophenſchulen des Abendlandes beherrſcht hat, und andererſeits, der neueren, gereifteren, mehr forſchend überlegenden Weltbetrachtung, welche wir kurz als die Kantiſche bezeichnen wollen, weil Kant unter den neueren und insbeſondere deutſchen Philoſophen derjenige war, welcher nicht allein auf den Trümmern des von Carteſius und Baco zerſchlagenen Thrones des Ariſtoteles einen Neubau begann, ſondern dies auch zum nicht geringſten Theile gerade dadurch vermochte, daß er zuerſt die Lehren Gallilei's und Newton's als wiſſenſchaftlich wohl begründet aufnehmen konnte, ja der ſogar in der beſonderen Frage, um die es ſich hier handelt, durch eine kleine, doch inhaltsreiche Schrift über die Naturgeſchichte und Theorie des Himmels ein nennenswerthes Verdienſt ſich erworben hat.

Dem Ariſtoteles alſo erſcheint die Welt wie eine ſichtbar begränzte hohle Kugel, in deren Mittelpunkt feſt und unverrückbar die Erde ruht. Um ihretwillen ſoll, dieſer Anſicht nach, der ganze Himmel erſchaffen ſein, um ſie ſich alles drehen, im wahren Sinne des Wortes, nicht bloß im bildlichen. Kant dagegen erklärt das ganze Stück der Natur, das wir kennen, für ein Atom in Anſehung deſſen, was über und unter unſerem Geſichtskreiſe verborgen iſt. Ihm erſcheint die Erde als ein zuſammengeballtes Klümpchen Weltenſtoffs, das in Geſellſchaft mit andern ähnlichen um die Sonne kreiſt; und dieſe wiederum, mit ihrem ganzen Gefolge von Planeten und Trabanten zu einem ſyſtematiſchen Ganzen vereint, iſt ihm nur ein Glied eines größeren Syſtems. Und in folgerechter Erweiterung dieſes Gedankens glaubt er dem ganzen Sternenhimmel eine allgemeine, ſcheinbar regellos durcheinander wirbelnde Bewegung zuſchreiben zu müſſen, die dann freilich eben ſo ſehr von der Drehung der Ptolemäiſchen ſieben Sphären verſchieden iſt, als von den Wirbeln des Carteſius. Ob aber ſchließlich und gar wo etwa ein in vollkommener

Ruhe verharrender Centralkörper des Weltalls vorhanden sein möge, das zu ermitteln überläßt er kommenden Zeiten; er für sein Theil hält das Vorhandensein eines solchen Körpers für wenig wahrscheinlich.

Für Jeden, der an dem Streit dieser beiden einander gegenüberstehenden Weltanschauungen einen Antheil nimmt, ist daher von entscheidender Wichtigkeit die Beantwortung der Frage: „Ist der wissenschaftliche Beweis für die Bewegung der Erde erbracht worden, oder nicht?“ Um dieselbe in einer unzweideutigen Weise und wenigstens annähernd mit Vollständigkeit geben zu können, machen wir uns zunächst klar, „in welcher Art denn überhaupt ein naturwissenschaftlicher Beweis dieser Gattung zu führen sei“ und suchen alsdann darzuthun, „ob oder in wie weit ein solcher im vorliegenden Falle wirklich geführt ist“.

I.

Jede Naturwissenschaft umfaßt einen Kreis von objectiven Thatsachen d. i. von sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen und ordnet dieselben nach gewissen daraus abgeleiteten Principien, welche dann umgekehrt wieder dem Forscher als leitende Ideen dienen, gleichsam als leuchtende Fackeln, um die Pfade zu erhellen, welche er einzuschlagen hat um neue Thatsachen zu entdecken und mit den bereits bekannten in Verbindung und Einklang zu bringen.

Die Thatsachen also machen das Material aus, die Ideen bestimmen die Form, unter welcher der menschliche Geist sich den Zusammenhang der Thatsachen vorstellt. Letztere müssen erfahrungsmäßig fest bestätigt sein durch unverwerfliche Zeugnisse, durch Beobachtungen, durch Versuche, welche mehrfach wiederholt sind und nach Umständen von Jedem, der das Zeug dazu hat, wiederholt werden können. Manche solcher Thatsachen sind all-

gemein bekannt oder doch jedem aufmerksamen Beobachter schon beim gewöhnlichen Verlauf der Dinge zugänglich. Jedoch bedürfen diese allgemeinen Erfahrungen, um in der Wissenschaft verwendet werden zu können, in der Regel erst noch einer schärferen Auffassung, eines genaueren Ausdrucks. So genügt es dem Astronomen nicht, die Sonne nur zu betrachten, wie sie täglich Morgens aufgeht, bis Mittag steigt und Abends untersinkt, nicht bloß oberflächlich zu bemerken, daß der Mond in regelmäßig wiederkehrenden Zeiträumen seine Lage gegen die übrigen Gestirne ändert, zu beachten, daß die Venus bald als Morgenstern, bald als Abendstern sich zeigt u. dgl. m. Der Forscher beschaut nicht bloß den Himmel — er mißt vielmehr mit der sorgfältigsten Genauigkeit die Dinge, auf welche es ihm da ankömmt. Er mißt die Höhe der Sonne d. i. den Winkel, welchen eine vom Auge zur Sonne gedachte gerade Linie mit dem Horizont macht; er mißt die tägliche Ab- oder Zunahme dieses Winkels zur Mittags- und auch zu anderer Zeit, er mißt die Winkelabstände zwischen dem Mond und anderen leuchtenden Puncten, die sogenannte Gerade-Aufsteigung und die Abweichung der Fixsterne, die Länge und Breite der Planeten u. s. f.

Die Maßzahlen, welche für die Größe dieser und ähnlicher Winkel gefunden werden, bilden die Grund legenden Thatsachen der Astronomie. Es sind dies ja der Hauptsache nach durchaus die nämlichen Dinge, die Jedermann am Himmel bemerkt oder bemerken kann; nur daß man sich gemeinhin darauf beschränkt, jene Winkel etwa nach dem Augenmaß zu schätzen, daß man ihre Größe nicht sorgfältig aufschreibt, sondern einfach dem Gedächtnisse anvertraut. Derartige Winkelmessungen sind seit Hipparch's Zeiten und gar schon eher fort und fort angestellt, nach und nach mit immer mehr vervollkommneten Meßwerkzeugen und dem entsprechend mit wachsender methodischer Schärfe. Sie con-

trollten sich gegenseitig auf mannigfache Art und bilden einen Schatz von Beobachtungen, welchen nunmehr zu ordnen, nöthigenfalls zu sichten, unter gemeinschaftliche Gesichtspuncte zu bringen und da zu vergleichen, der zweite Schritt der Wissenschaft ist.

Die Thatsachen also sind das Gegebene: sie liefern eben das beweisende Material und es erhebt sich nun die weitere Frage: Was beweisen sie denn? was folgt aus ihnen? — denn ohne solche Folgerungen würde der Schatz nur eine werthlose Sammlung von Beobachtungen sein, die den Namen einer Wissenschaft kaum noch verdiente.

Aus den Thatsachen versucht man empirische Gesetze abzuleiten, zunächst lediglich zu dem Zweck, um einen größeren Kreis von zusammengehörigen Einzelnheiten leicht und deutlich übersehen zu können. Solche sind z. B. die Gesetze Kepler's über die Bewegung der Planeten, die von Galilei ermittelten über den Fall der Körper, über die Bewegung des Pendels u. s. w. Der Ausdruck eines Gesetzes geschieht in den exacten d. i. den messenden Naturwissenschaften durch Aufstellung einer algebraischen Formel, mittels welcher aus einem kleinen Theile der Beobachtungen alle übrigen gleichartigen, im Voraus wie nachträglich, berechnet werden können, oder auch, wie dies namentlich in älteren Zeiten mehr noch als gegenwärtig guter Brauch war, durch Zeichnung einer geometrischen Figur, welche nach Maßgabe einiger der beobachteten Größen entworfen wird und alsdann die übrigen daraus eben so gut entnehmen läßt, wie jene wenigen. Ist die Formel oder Figur zu verwickelt, um jederzeit rasch und sicher die verlangten Einzelnheiten berechnen oder durch Zeichnung finden zu können, so entwirft man Rechnungstabellen (astronomische Tafeln), woraus man das in dem gerade vorliegenden besonderen Falle einfach ablesen kann.

Ein Gesetz ist *erwiesen*, wenn die Zahlen, welche die nach demselben berechneten Tafeln darbieten, eine vollständige Uebereinstimmung zeigen sowohl mit denjenigen Beobachtungen, aus deren Kreise sie abgeleitet sind, als auch mit den fernerweit an denselben Dingen vorgenommenen.

In dieser strengen Form jedoch — das haben wir wohl zu beachten — ist von den in der Wissenschaft als gültig angenommenen Gesetzen in der That kein einziges vollständig erwiesen. Es giebt kein einziges aus einer Reihe von beobachteten Thatsachen erschlossenes Gesetz, welches denselben in voller mathematischer Schärfe Genüge leistete. Zum Beispiel eines der einfachsten Gesetze der Mechanik besteht darin, daß ein frei fallender Körper in dem zweiten Zeitraum seines Fallens einen dreimal so langen Weg zurücklegt, als in dem voraufgegangenen eben so großen ersten Zeitraume. So oftmals und mit welcher Vorsicht und Sorgfalt auch Versuche dieser Art angestellt sind, niemals hat die Beobachtung jenes Gesetz in allem Maße bestätigt und wird — so kann man unbedenklich behaupten — dasselbe niemals bestätigen. Denn einestheils ist es in der Regel (und im strengsten Sinne stets) unmöglich, einen Versuch so anzustellen, daß er eine reine, von *allen* der Sache fremden Nebenumständen befreite Beantwortung *der* Frage lieferte, auf die es ankömmt. Das Gesetz kann und soll aber nur der Ausdruck des Zusammenhangs von zwei, jedenfalls von wenigen Dingen sein, während in der That immer noch eine Reihe von anderen (im strengsten Sinne von unzählig vielen anderen) Dingen mit jenen wenigen in unauflöslicher Verkettung steht. So wird man denn in dem angeführten Beispiele den Versuch niemals so einrichten können, daß der fallende Körper auch wirklich, wie er sollte, *frei* fällt. Man wird weder den Einfluß des Widerstandes vollständig zu beseitigen vermögen, welchen die Kraft des Zusammenhangs der Luft-

theilchen demſelben entgegenſetzt, noch weniger die immerhin ungemein kleine Störung, welche daraus entſpringt, daß die Schwerkraft in verſchiedenen Höhen über der Erdoberfläche nicht überall mit vollkommen gleicher Stärke wirkt, u. dgl. m. Ja ſelbſt wenn die Frage ſo einfacher Art ſein ſollte, daß eine klare, keinerlei ferneren Zweifeln Raum laſſende Beantwortung durch einen Verſuch geradezu erzielt werden könnte, ſo iſt doch anderntheils keine menſchliche Beobachtung frei von kleinen Fehlern und Ungenauigkeiten. Weder die von der Natur uns verliehenen Sinnes-Organe — ſo bewunderungswürdig und in hohem Grade zweckgemäß ſie auch eingerichtet ſind — noch die zur Schärfung und beſſern Anwendung derſelben vom menſchlichen Geiſte erſonnenen Hülfs-Werkzeuge — mit welcher Sorgfalt ſie auch der geſchickteſte Künſtler angefertigt haben mag — beſitzen diejenige Vollkommenheit, welche zu vollendet genauer Meſſung der Zeiten, der Gewichte, der Entfernungen und anderer Größen erforderlich ſein würde.

Gleichwohl zweifelt kein Vernünftiger an der Richtigkeit des Geſetzes, ſobald nur die hervortretenden Abweichungen von demſelben ſo klein bleiben, daß ſie die Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungs-Fehler nicht überſchreiten. Das Dunkel, welches im Allgemeinen darüber herrſchen kann, ob eine Abweichung vom Geſetz durch die Schuld des Beobachtenden eingetreten ſei, oder ob ſie in der Mangelhaftigkeit des Geſetzes ſelber ihre Erklärung finden müſſe, wird durch die mathematiſche Theorie der Wahrſcheinlichkeit in einer merkwürdigen Weiſe aufgehellt. Wenn wir uns auch auf eine ausführlichere Darlegung dieſes, eines der jüngſten, Zweige der Mathematik, welcher überdem im wahren Sinne des Wortes die Vermittelung zwiſchen der reinen und angewandten Geometrie bildet, hier nicht näher einlaſſen können, ſo wird es doch zur Verſtändigung unumgänglich erforderlich ſein,

wenigstens die hauptsächlichsten Auffassungs- und Ausdrucksweisen jener Lehre kurz anzudeuten, um so mehr, da einestheils dieselben von den gemeinüblichen Redeweisen als Aristotelischen Ursprungs in sehr wesentlichen Puncten abweichen, anderntheils aber auch nur mit Anwendung der hier einschlägigen Kunst-Ausdrücke dasjenige Licht in der obschwebenden Frage erhalten werden kann, welches die heutige Wissenschaft darüber zu verbreiten im Stande ist.

Nach Aristoteles ist einer Behauptung Wahrscheinlichkeit zuzusprechen, wenn dieselbe Allen, oder der Mehrzahl, oder den Vernünftigeren und zwar diesen wiederum entweder allen, oder der Mehrzahl von ihnen, oder doch den Weisesten derselben wahr zu sein scheint. Pascal aber hat uns gelehrt, wie man mit dem Worte Wahrscheinlichkeit einen ganz andern, und zwar mathematischen, Begriff verbinden könne. Ihm, dem Begründer der Combinationslehre, ist die mathematische Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses eine Zahl, nämlich die Zahl des Verhältnisses, in welchem die Anzahl derjenigen Fälle, welche das Ereigniß herbeiführen, zu der Anzahl aller möglichen Fälle steht, die ähnliche, wie das betrachtete, herbeiführen können, — oder, etwas anders gefaßt, den neueren Mathematikern ist die Wahrscheinlichkeit einer Sache ein Bruch, dessen Zähler die Anzahl der dieser Sache günstigen, dessen Nenner aber die Anzahl aller dabei möglichen Wechselfälle ist. Dieser Begriffsbestimmung entspricht es nur, wenn wir sagen, eine Sache sei (im gemeinen Sinne genommen) wahrscheinlich oder unwahrscheinlich, je nachdem ihre mathematische Wahrscheinlichkeit größer als der Bruch $\frac{1}{2}$ ist oder kleiner. Eben so ergiebt sich weiter daraus, daß man die mathematische Gewißheit eines Ereignisses durch die Zahl 1 zu bezeichnen habe; denn wenn jeder der sämmtlichen Fälle, die überhaupt bei einer Sache eintreten können, nothwendig ein ge-

wisses Ereigniß mit sich führt, so sind eben alle Wechselfälle als günstige zu betrachten, mithin ist der Zähler des Wahrscheinlichkeits-Bruches gleich dem Nenner, oder der Bruch = 1.

Ist nun ferner die Wahrscheinlichkeit einer Sache, einer Behauptung oder Meinung, ein bestimmter Bruch, so ist gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils derselben Behauptung derjenige Bruch, welcher mit ersterem zusammen 1 Ganzes ausmacht. So z. B. wenn man die Wahl hat zwischen den 3 Farben roth, blau, gelb und man weiß nicht, welche von denselben sich zu einem gewissen Zwecke am Besten eigne, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß dies eine gewisse, etwa die rothe sei, = $\frac{1}{3}$, daß es aber nicht die rothe sei, = $\frac{2}{3}$. Beide Brüche zusammen genommen geben zur Summe 1. Und dies sagt nichts anders aus, als daß überhaupt eine von jenen 3 Farben gewählt werden müsse. Damit ist denn natürlich noch keineswegs ausgeschlossen, daß es nicht noch viele andere Farben gebe, von denen die eine oder die andere sich noch bei weitem besser als eine jener 3 zu dem betreffenden Zwecke eignet. Und so in allen ähnlichen Fällen.

Ein ferneres Beispiel, welches besser als irgend ein andres diese Dinge fühlbar machen kann und daher von den Mathematikern häufig herbeigezogen wird, ist das einer Lotterie. Nehmen wir an, daß in einer Lotterie von etwa nur 10 Loosen 3 Gewinne bringende seien, so ist für den Inhaber eines einzelnen Looses die Wahrscheinlichkeit zu gewinnen = $\frac{3}{10}$, zu verlieren aber = $\frac{7}{10}$.

Und an eben dieses Beispiel knüpfen wir einen der hauptsächlichsten Lehrsätze dieser Theorie, welchen wir im Folgenden mehrfach anwenden werden und welcher sich sofort aus der Pascalschen Erklärung des Begriffes „Wahrscheinlichkeit" ergiebt. Nämlich — wenn man den Wahrscheinlichkeits-Bruch sowohl für

das Eintreten eines gewiſſen erſten Ereigniſſes kennt als auch den für ein gewiſſes anderes, welches überdem mit jenem erſteren in gar keinem Zuſammenhange ſteht; ſo findet man die Wahrſcheinlichkeit dafür, daß dieſe beiden Ereigniſſe zugleich eintreten werden, einfach dadurch, daß man die bekannten beiden Brüche mit einander multiplicirt (nicht aber etwa ſie addirt, wie dies auf den erſten Anblick manchem als das Richtigere ſcheinen möchte).

Geſetzt nun, es ſpiele Jemand in zwei Lotterien, nämlich außer in der erſthin erwähnten auch zugleich noch in einer andern von ebenfalls 10 Looſen, worin indeſſen nur 2 Gewinne ſich befinden, ſo daß alſo hierin die Wahrſcheinlichkeiten zu gewinnen oder zu verlieren beziehungsweiſe ſich auf die Beträge von $\frac{2}{10}$ und $\frac{8}{10}$ ſtellen. Alsdann fänden für denjenigen, der in jeder von beiden Lotterien 1 Loos hätte, folgende Möglichkeiten ſtatt: 1) er kann in beiden gewinnen, 2) in beiden verlieren, 3) in der erſtgenannten gewinnen und in der andern verlieren, 4) umgekehrt, in erſterer verlieren und in letzterer gewinnen. Dieſen Möglichkeiten entſprechen als mathematiſche Wahrſcheinlichkeiten die 4 Brüche, die man erhält wenn man 1) $\frac{3}{10}$ mit $\frac{2}{10}$, 2) $\frac{7}{10}$ mit $\frac{8}{10}$, 3) $\frac{3}{10}$ mit $\frac{8}{10}$, 4) $\frac{2}{10}$ mit $\frac{7}{10}$ multiplicirt, alſo beziehungsweiſe die 4 Brüche $\frac{6}{100}$, $\frac{56}{100}$, $\frac{24}{100}$, $\frac{14}{100}$. Die Summe derſelben iſt, wie ſich's gebührt, $= \frac{100}{100}$ oder $= 1$, und damit iſt eben wieder geſagt, einer der aufgeführten 4 Fälle müſſe nothwendig eintreten. Daß daneben außerdem noch immer die Möglichkeit vorhanden iſt, in keiner von beiden Lotterien weder zu gewinnen, noch zu verlieren, etwa aus dem Grunde, weil die Polizei das ganze Spiel verbietet, oder weil vielleicht einer, wo nicht gar beide Lotteriehalter Betrüger ſind u. ſ. w., mit andern Worten daß die mathematiſche Wahrſcheinlichkeit noch lange keine abſolute Gewißheit ſein könne, iſt wohl eben ſo klar, als daß

erſtere nur dann in letztere übergehen könnte, wenn man im Stande wäre, ſämmtliche bei der vorliegenden Sache in Mitwirkung tretende Umſtände oder Zufälligkeiten ohne Ausnahme und vollſtändig zu überſehen.

Kehren wir jedoch vorerſt zu unſerm eigentlichen Gegenſtande zurück und begnügen uns da mit dem ohnehin einleuchtenden Ergebniſſe, daß kein durch mathematiſche Formeln ausgedrücktes Naturgeſetz in aller derjenigen Strenge, deren die reine Wiſſenſchaft fähig iſt, mit den Beobachtungen übereinſtimmt; daß alſo immer noch ein Reſt von Unſicherheit und auch häufig eine Unvollſtändigkeit in dem algebraiſchen Ausdrucke des Geſetzes ſelber übrig bleibt, und daß man daher bei einer etwaigen Wahl unter mehreren Ausdrücken demjenigen den Vorzug wird ertheilen müſſen, für welchen die Geſammtheit der Abweichungen den kleinſten Werth erhält.

Nachdem nun die Geſetze durch die Beobachtungen ſoweit als thunlich feſtgeſtellt ſind, ſtrebt die Wiſſenſchaft ihrer letzten und höchſten Stufe zu; ſie ſucht die Urſache der Geſetze zu erkennen, ſie ſtellt ein Princip auf, von welchem das Geſetz ein logiſch nothwendiger Ausfluß iſt. Es werden dann aus demſelben Princip noch weitere Folgerungen gezogen werden können; man ſchließt auf Grundlage deſſelben, daß gewiſſe neue Thatſachen vorhanden ſein müſſen. Finden ſich dieſe durch neue Beobachtungen beſtätigt, ſo giebt das einen neuen und nunmehr doppelt ſtichhaltigen Beweis für die Richtigkeit des bei ſeinen erſten Aufſtellungen nur erſt verſuchsweiſe hingeſtellten Princips. Und dann — je umfaſſender ein Princip iſt, ein je größerer Kreis von Thatſachen als eine nothwendige Folge deſſelben mit Fug betrachtet werden kann, je mehr neue ſich bewahrheitende Thatſachen daraus erſchloſſen werden können, einen um ſo größeren Anſpruch auf eine wiſſenſchaftliche Gültigkeit, auf eine

mathematiſche — nicht abſolute — Gewißheit werden wir ihm zuzuerkennen haben. Nur das wird man zugeben müſſen, daß in dem Grade, wie ein Princip als gewiß anzuſehen iſt, in demſelben Grade auch alle logiſch richtigen Folgerungen aus demſelben als gewiß anzuerkennen ſind, ſelbſt ſolche für welche keine unmittelbare Beobachtungen vorliegen und vielleicht überhaupt gar niemals von uns gemacht werden können.

Faſſen wir das Ergebniß unſerer bisherigen Auseinanderſetzungen zuſammen. Jedes Naturgeſetz — oder um uns auf das Gebiet, in welchem wir uns hier bewegen wollen, zu beſchränken — jeder phyſicaliſche Lehrſatz iſt eines zwiefachen Beweiſes eben ſo bedürftig wie fähig, nämlich eines inductiven d. i. eines möglichſt unmittelbar aus den Thatſachen durch Rückſchluß abgeleiteten, welcher allerdings eine vergleichungsweiſe nur geringere Sicherheit gewährt, eben weil der Satz bis dahin nur als ein vereinzelter daſteht, und eines anderen, deductiven, welcher geradezu von vorn herein aus einem Princip, aus wiſſenſchaftlichen Grundſätzen hervorgeht, in Folge deſſen der Satz eben diejenige Gewißheit erhält, welche dem Princip ſelber zukömmt.

So lange das Geſetz nur als ein mathematiſcher Geſammt-Ausdruck einer Reihe von zuſammengehörigen Erſcheinungen angenommen wird, ohne ſelbſt noch aus einem Princip abgeleitet zu ſein, nennt man es im wahren Sinne des Wortes eine Hypotheſe d. i. einen Unterſatz, oder vielmehr eine Unterlage, eine logiſche Grundlage für unſere ferneren Betrachtungen; ein Anrecht auf den Namen eines wiſſenſchaftlich wirklich begründeten Naturgeſetzes erhält es erſt durch eine Deduction der beſchriebenen Art. Das Hypothetiſche, die Zweifelhaftigkeit deſſelben geht alsdann aber offenbar auf das ihm zu Grunde gelegte Princip über.

II.

Bevor wir nunmehr nach Maßgabe der bisherigen Darlegungen die Beweise, sowohl die inductiven, welche die beobachtende Astronomie, als die deductiven, welchen die reine Mechanik für den Satz von der Bewegung der Erde liefert, einer näheren Betrachtung unterziehen, wollen wir in aller Kürze einen Blick auf die historische Entwickelung jener Wissenschaften werfen, um in Anknüpfung daran denjenigen Platz besser umrahmen zu können, welcher jenem Satze im Lehrgebäude der Astronomie gebührt. Wenn dabei unter dem Namen eines oder des andern der hervorragenden Häupter der Wissenschaft einer Entdeckung oder eines Beweises Erwähnung geschehen wird, welcher in der That erst von einem seiner Schüler und Nachfolger, ja vielleicht sogar schon seiner Vorgänger gefunden ist, so bitte ich dies mit der Weise des Volkes zu entschuldigen, das alle Heldenstückchen dem alten Fritz zuschreibt, sollten sie in Wahrheit auch erst von Blücher oder gar schon vom alten Dessauer verrichtet sein.

Keine unmittelbare Wahrnehmung zeigt uns, daß es wirklich die Erde ist, welche ihre Lage und ihre Stellung gegen die übrigen Himmelskörper ändert; aber auch keine Erfahrung beweis't, daß die letzteren sich wirklich um erstere drehen. Denn die durch die Sinne wahrgenommenen Thatsachen d. i. die beobachteten Winkel-Aenderungen lassen die eine Erklärung genau so gut zu, als die andere. Es ist wohl unnöthig das viel gebrauchte Gleichniß von der Bewegung im Schiffe hier des Breiteren auszuführen. Durch thatsächliche Beobachtung würde die Entscheidung zwischen den beiden an sich ganz gleich berechtigten Möglichkeiten ja nur dann zu erwirken sein, wenn jener Wunsch des Archimedes erfüllt würde, welchen wir für unseren Zweck lieber so ausdrücken möchten: Gebt uns einen Standpunct außerhalb des Sonnensystems und wir werden sehen können, ob die

Erde um die Sonne kreis't oder umgekehrt. Die Bewegung der Trabanten um den Jupiter, oder auch die Bewegung der Doppelsterne ist wohl einer beobachteten Thatsache gleich zu achten, die der Erde — nicht.

Copernicus war bekanntlich der erste, welcher diese Frage nicht, gleich manchem Philosophen vor ihm, bloß meinte gegentheilig beantworten zu dürfen, wie Aristoteles that, sondern der auch solche Möglichkeit durch Rechnung und geometrische Zeichnung darzulegen vermochte. Er suchte eben für die Gesammtheit der seiner Zeit vorliegenden astronomischen Thatsachen (so weit sie die Bewegung der Himmelskörper angehen) einen mathematischen Ausdruck, um mittels eines solchen die ihm gegebenen Winkel in Tafeln zusammen zu stellen, woraus man dann die Stellung der Planeten für vergangene, wie für zukünftige Zeiten stets leicht und sicher entnehmen könne. Derartige Tafeln waren aber bereits längst von Ptolemäus auf Grund seiner Hypothese berechnet und stimmten namentlich in der von dem Araber Albatani verbesserten Form leidlich mit den Beobachtungen überein. Freilich war wohl die Berechnungs-Methode des Copernicus etwas einfacher, als die jenen Alfonsinischen (einem spanischen Könige zu Ehren so genannten) Tafeln zu Grunde liegende, aber doch noch immer reichlich verwickelt. Er sah ebenso wie Ptolemäus nach Hipparch's Vorgange sämmtliche Bewegungen im Wesentlichen als kreisförmig oder doch aus mehreren Kreisen zusammengesetzt an; er bedurfte daher eben so gut wie jener neben seiner Haupt-Hypothese noch allerlei Hülfs-Hypothesen von sogenannten Epicyclen d. i. Kreisen, deren Mittelpuncte auf andern Kreisen rollen, und von excentrischen Bewegungen, d. s. solche welche zwar in einem Kreise vor sich gehen, wobei aber der Centralkörper sich nicht genau im Mittelpuncte des Kreises befindet. Das immerhin erhebliche Uebergewicht an

Bequemlichkeit der Rechnung konnte jedoch allein keinen Ausschlag für die Copernicanische Auffassung geben. In der That schätzten viele Astronomen, vor allen der scharfsinnige Denker und beste Beobachter seiner Zeit, Tycho Brahe jenes Uebergewicht nicht so hoch, um in Anbetracht der übrigen Schwierigkeiten, welche bei dem damaligen Stande der Mechanik oder vielmehr bei dem Nichtvorhandensein dieser Wissenschaft, Copernicus Lehre darbot, letzterer unbedingt den Vorzug zuzusprechen. Und vollends die Fach-Philosophen jener Zeit, Cartesius sowohl wie Baco von Verulam, konnten sich keineswegs mit derselben befreunden. Hätte das ungünstige Geschick, welches im 17. Jahrhundert über Deutschland verhängt wurde, auch die übrigen Völker Europa's in gleich verderblichem Maße betroffen und wäre damit das kräftige Wachsthum der neu erwachten Wissenschaften überhaupt auf längere Zeit zurückgedrängt worden, so würde höchst wahrscheinlich die Tychonische Ansicht zu einer länger andauernden Geltung gekommen sein; denn dieselbe ist nicht nur zur Erklärung der Himmels-Erscheinungen bis aufs Härchen eben so gut brauchbar, wie die Copernicanische, sondern hatte auch den großen Vorzug, weder mit der ursprünglich gemein menschlichen Anschauungsweise, noch mit den eben in dieser begründeten Lehren der Kirche in Widerspruch zu treten. Erst die Entdeckungen und Forschungen Kepler's und Galilei's geben einen wirklich merkbaren Ausschlag für Copernicus.

Kepler zerstörte durch die Aufstellung der beiden ersten nach ihm genannten Gesetze das überflüssige Beiwerk der Copernicanischen Epicyclen ꝛc. Hatten schon die nach der Theorie des Frauenburger Domherrn berechneten Prutenischen (Preußischen) Tafeln den Alfonsinischen bei den Astronomen den Rang abgewonnen, so traten an Stelle der letztern nun die berühmteren, von Kepler entworfenen, Rudolfinischen (als dem Kaiser

Rudolf II gewidmet), welche eine beſſere Uebereinſtimmung von Rechnung und Beobachtung zeigten, als irgend welche frühern. Doch war damit noch nicht der Streit zwiſchen Copernicus und Tycho entſchieden; denn obgleich Kepler unzweifelhaft Anhänger des erſtern war, ſo hätte ſich dennoch das Ergebniß ſeiner Rechnungen recht wohl mit Brahe's Anſicht in Einklang bringen laſſen. Er hätte dann nur ſein erſtes Geſetz in folgender Form ausſprechen müſſen: Die Bahnen der Planeten (worunter dann die Erde nicht mitbegriffen werden durfte) ſind Ellipſen, in deren einem Brennpunct die Sonne ſteht; die Sonne ſelbſt aber bewegt ſich ſammt ihrem Planeten-Gefolge jährlich nochmals in einer Ellipſe um die Erde. Dabei blieb es dann außerdem immer noch nöthig, eine tägliche Drehung des ganzen Himmels-Gewölbes anzunehmen. Allerdings iſt nicht zu leugnen, daß auf dieſe Weiſe nicht nur die Einfachheit des erſten Keplerſchen Geſetzes, ſondern auch die Harmonie des Ganzen weſentlich beeinträchtigt ſein würde; aber ſo gewichtig ſchon dieſer Umſtand in die Wagſchale der Schul-Philoſophen hätte fallen mögen, ſo wenig würde er bei unbefangenen Naturforſchern durchgeſchlagen haben, denn ſolche werden ſich durch keinerlei äſthetiſche Rückſichten beſtimmen laſſen, die Schönheit der Form über die Wahrheit der Sache zu ſtellen. — Das zweite Keplerſche Geſetz, wonach die Planeten ſich ſo bewegen ſollen, daß ihre Radienvectoren, d. i. die Linien von Planet zur Sonne, in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume überſtreichen, behielt dabei ebenfalls, bis auf eine ähnliche kleine Abänderung in der Faſſung, vollkommen ſeine Geltung. Das dritte hingegen, welches den Zuſammenhang angiebt, der zwiſchen den Verhältniſſen der Umlaufszeiten der Planeten und denjenigen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne Statt findet, konnte zunächſt weder in der einen Hypotheſe noch in der andern eine innere Bedeutung beanſpruchen. Daß eine ſolche in der That

für alle drei Geſetze vorhanden ſei, ahnten allerdings Kepler und Galilei wohl ſchon; doch erſt Newton war es vorbehalten die ſieben Siegel dieſes Geheimniſſes zu löſen. Vorläufig, und namentlich vor der erſt durch die Erfindung des Fernrohrs ermöglichten Entdeckung der Jupiters-Monde, konnte denn jenem dritten Geſetze eben keine höhere Bedeutung zugeſchrieben werden, als ſo mancher anderen Spielerei mit Zahlen, wie eine ſolche z. B. auch jetzt wohl noch unter dem Namen des Bode'ſchen Geſetzes über die Reihenfolge, in welcher die Planeten von der Sonne und von einander abſtehen ſollen, gäng und gäbe iſt. Damit wollen wir indeſſen ſolchen und ähnlichen Träumereien, denen nicht nur Kepler und Huyghens, ſondern ſelbſt Kant ſich hingegeben hat, keineswegs unbedingt den Stab brechen; denn nur durch den Irrthum führt ja der Weg zur Wahrheit. Heute zwar iſt die Aſtrologie, im Sinne des Mittelalters genommen, wohl für immer aus der Reihe der Wiſſenſchaften geſtrichen; doch mächtig iſt der tief im Innern der Menſchenbruſt wurzelnde Drang zum Geheimnißvollen. Aus Kepler's eigener Erzählung über den Gang ſeiner Forſchungen kann man lernen, durch welche lange Reihe von leeren Muthmaßungen und vergeblichen Anſtrengungen er ſich durcharbeiten mußte, um zu einer richtigen, den gegebenen Thatſachen in hinlänglichem Maße entſprechenden Einſicht zu gelangen.

Galilei's Verdienſt iſt ein doppeltes. Nicht nur hat er durch Aufſtellung der drei Bewegungs-Geſetze den Grund zu der Wiſſenſchaft der Mechanik gelegt, ſondern auch durch die Erfindung des Fernrohrs und insbeſondere die Anwendung deſſelben auf die Betrachtung der Himmelskörper ſowohl die Genauigkeit der Beobachtungen um ein Beträchtliches erhöht, als auch eine Reihe von ganz neuen Thatſachen gefunden, wodurch die Aehnlichkeit zwiſchen der Erde und den übrigen Gliedern des Sonnen-

ſyſtems in ein helles Licht trat. Er ſah damit die Berge und Thäler des Mondes, die Flecken der Sonne, die Lichtgeſtalten der Venus, den Ring Saturns, er unterſchied in der Milchſtraße einzelne Sterne, und vor Allem, er entdeckte die Jupiters-Trabanten und ihre Bewegung. Das Vorhandenſein eines ſolchen Neben-Syſtemes von Himmelskörpern, welches für ſich betrachtet im Kleinen dieſelben Erſcheinungen darbietet und von denſelben Geſetzen beherrſcht wird, wie das Sonnen-Syſtem im Großen, lieferte den Copernicanern eine kräftige Waffe, deren Wucht ſich auch Baco nicht ganz zu entziehen wußte. Immerhin iſt jedoch die ſchlagendſte Aehnlichkeit kein Beweis; ſie kann erſt zu einem ſolchen führen, wenn ſich darthun läßt, daß die Urſache der ähnlichen Erſcheinungen auch im Weſentlichen eine und dieſelbe iſt.

Und dieſe Urſache im vorliegenden Falle erkannt zu haben, bleibt Iſaac Newton's vorerſt noch unvergänglicher Ruhm. Er leitete aus den von Galilei erkannten Grundſätzen der Mechanik die Keplerſchen Geſetze ab; und hierauf beruht auch der Hauptſache nach der eigentlich wiſſenſchaftliche, der deductive Beweis für die Bewegung der Erde, deſſen nähere Darlegung den Schluß meiner Auseinanderſetzung abgeben wird. Doch muß ich gleich im Voraus bemerken, daß eine vollſtändig durchgeführte Auseinanderſetzung deſſelben nicht wohl Gegenſtand einer ſo gedrängten Abhandlung würde ſein können. Zwar läßt ſich der Stoff, namentlich in einer ſo gedrängten ſtreng wiſſenſchaftlichen Form, in welcher ihn Newton in wenigen Sätzen des erſten Buchs ſeiner Principien der Natur-Philoſophie zuſammen geſtellt hat, immerhin wohl in einigen Stunden vortragen, doch würde er ohne umfangreiche mathematiſche Entwicklungen nicht bis zu einer vollkommnen Klarheit gebracht werden können; und dieſe würden uns doch wohl am Ende zu weit führen. Indeſſen wird es den geehrten Leſern vielleicht nicht unwillkommen ſein, wenn ich in

aller Kürze den wesentlichen Inhalt jener Sätze darlege. Wer eingehendere Belehrung wünscht, findet solche nicht nur in jedem wissenschaftlichen Lehrbuch der Mechanik oder Physik; sondern es giebt auch mehr als eine treffliche populäre Darstellung der da in Frage kommenden Wahrheiten. Ich begnüge mich in letzterer Beziehung die bekannten Namen Laplace, Airy, Littrow, auch Stern, Mädler, Jahn und Diesterweg zu nennen.

Wenn wir also schon die weitere Verfolgung dieses Gegenstandes mehr eingehenden sachlichen Befleißigungen überlassen müssen, so werden wir noch weniger jene allgemein-philosophischen Auseinandersetzungen hier weiter vorbringen, welche vor Newton als Surrogate für mathematische Beweise angenommen werden konnten und auch allerdings noch heute hie und da vorgebracht zu werden pflegen — ohne jedoch damit irgend ein mißfälliges Urtheil über solche Bestrebungen auszusprechen; da wir vielmehr das Ziel derselben nur als das höchste anzusehen haben, nach dem zu ringen dem menschlichen Geiste vergönnt ist.

Jene Auseinandersetzungen laufen im Wesentlichen darauf hinaus, daß es doch bei Weitem einfacher, schöner und darum der Natur angemessener, wie für die menschliche Fassungskraft leichter sei, wenn man mit Copernicus allein der Erde eine mäßige Drehungs- und Fortschreitungs-Geschwindigkeit zuerkennen, als wenn man den unermeßlich vielen gewaltigen Massen der Himmelswelt jene ungeheuer raschen täglichen Bewegungen zuschreiben wolle, welche man als Anhänger des Ptolemäus oder Tycho nicht umgehen könne. Diesen Ansichten läßt sich aber sehr wohl entgegenstellen, daß, wenn auch derartige Geschwindigkeiten bei irdischen Körpern bis dahin nicht beobachtet worden sind, daraus doch noch keineswegs folgt, daß sie überhaupt und insbesondere daß sie etwa deswegen unmöglich seien, weil jene Massen zu gewaltig. Schreiben doch auch sonst die Astronomen manchen

Fixsternen Geschwindigkeiten zu, welche die planetarischen bedeutend übersteigen, und redet außerdem die Physik beim Licht und bei der Electricität von einer Bewegung des Aethers, gegen welche die Schnelle des Gedankens nur wie ein Schneckengang erscheinen soll. Ueberhaupt sind ja die Begriffe von „groß" und „klein" durchaus relativ, und daß der Natur auch in dieser Beziehung eine endliche Gränze nicht zu setzen sei, das glauben wir nicht besser ausdrücken zu können, als Kant mit den Worten thut: Man kommt der Unendlichkeit der Schöpfungskraft Gottes nicht näher, wenn man den Raum ihrer Offenbarungen in einer Sphäre mit dem Radius der Milchstraße beschrieben, einschließt, als wenn man ihn in eine Kugel beschränken will, die einen Zoll im Durchmesser hat.

III.

Beginnen wir mit einer Aufzählung und kritischen Beleuchtung der Beobachtungen und Versuche, aus welchen sich die Richtigkeit der Copernicanisch-Kepler'schen Hypothese durch Rückschluß ableiten läßt. Dabei ist zwar nicht geradezu außer Acht zu lassen, daß das Vorhandensein der durch jene Beobachtungen erwiesenen Thatsachen zum größten Theile im Voraus aus der Newtonschen Gravitations-Theorie erschlossen ist; doch für den Augenblick müssen wir von dieser gemeinschaftlichen Quelle derselben als Beweisgrund gänzlich absehen, da es ja vielmehr umgekehrt darauf ankommt, die Sachen etwa so zu betrachten, als suchten wir für jede die physische Ursache.

Zunächst also für die tägliche Umdrehung der Erde um ihre eigene Axe pflegt man folgende Gründe geltend zu machen: die Abplattung der Erdkugel an ihren Polen, das Dove'sche Winddrehungs-Gesetz, die von Benzenberg u. a. angestellten Fallversuche, und den Foucault'schen Pendelversuch.

Die Abplattung der Erde ist bereits von Newton selbst als eine nothwendige Folge aus seiner Theorie angezeigt, doch erst 60 Jahre nachher wirklich bestätigt durch die französischen Gradmessungen in Lappland und Peru, später aber durch viele andere. Den Grund dieser Thatsache glaubte Newton darin zu finden, daß ein kugelförmiger physischer Körper, welcher demnach weder äußerlich hart, noch gar innerlich starr ist, wenn er sich längere Zeit um seine Axe dreht, die Kugelform nicht durchaus beibehalten kann, sondern in Folge des mit jeder Drehung verbundenen Centrifugaldruckes nach der Mitte, nach dem Aequator zu anschwellen muß. Nun ist zwar die Erdrinde ihrer geologischen Beschaffenheit nach bis zu einer gewissen Gränze hinunter vielfach durchforscht und daher nicht unbekannt; aber dies gilt doch wohl nicht in gleichem Maße von dem inneren Kern der Kugel. Sprechen auch viele Anzeichen dafür, daß letzterer einen hohen Wärmegrad besitze und außerdem seinem Wesen nach tropfbar flüssig sei, so ist doch vom rein logischen Gesichtspunkte genommen die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß derselbe vielmehr im Gegentheil ein ungemein fester und dann auch härter als Stahl, starrer als der starrste Krystall sei. Wenn daher auch Newton's Erklärung mit den neueren Ansichten der Geologie über die innere Beschaffenheit des Erdballes und den sonst gängigen Hypothesen der Molecular-Physik und Chemie durchaus im Einklange ist, so läßt sich doch nicht unbedingt behaupten, die Ursache der Abplattung könne und müsse einzig und allein eine Axendrehung der Erde sein. Zwar zeigt sich eine ähnliche Erscheinung beim Jupiter, deren Bedeutung noch dadurch erhöht wird, daß letzterer obiger Theorie gemäß wegen seiner mehr als doppelt so schnellen Umdrehung (sie geschieht in 10 Stunden) eine merklich größere Abplattung haben muß und auch wirklich besitzt (sie beträgt $\frac{1}{14}$ seines Polar-Durchmessers, während die

der Erde durch den Bruch $\frac{1}{300}$ ausgedrückt wird); aber, wie bereits bemerkt, derartige Aehnlichkeiten sind eben keine Beweise und außerdem ist die innere Beschaffenheit des Jupiter uns ja noch viel weniger bekannt, als die der Erde. Erst in der allerneuesten Zeit ist durch die glänzende Erfindung der Spectral-Analyse die Möglichkeit gewonnen, über die chemische Elementar-Zusammensetzung der Himmelskörper einigen Aufschluß zu erhalten.

Das Dove'sche Winddrehungs-Gesetz beruht auf der hinlänglich bestätigten und von jedem Wetter-Beobachter in unseren Gegenden fast alle Tage zu bestätigenden Thatsache, daß auf der nördlichen Halbkugel ein von Norden kommender Wind allmählich, wenn er in niedere Breiten tritt, in Nord-Ost übergeht, wie andererseits auf der südlichen Halbkugel ein von Süden kommender nach Süd-Ost. Aber wer wird eine in unsere ganze Anschauungsweise so tief eingreifende Behauptung auf eine so zweifelhafte Unterlage, wie eine Wetter-Regel, gründen wollen? Wäre nicht eben die Axendrehung der Erde eine bereits vorhandene Lehre, so würde aus jener Thatsache allein, die überdies doch auch schon früheren Zeiten nicht so ganz unbekannt gewesen ist, auf die Nothwendigkeit derselben zu schließen, schwerlich Jemand eingefallen sein.

Der Einwurf, gegen welchen sich Copernicus und seine Anhänger am Ehesten zu vertheidigen hatten, besteht darin, daß ein senkrecht aufwärts geworfener Körper beim Herunterkommen nicht wieder an seinem Ausgangspuncte anlangen könne, sondern sehr merklich westwärts zurückbleiben müsse. Doch die Ungereimtheit dieser Behauptung ist durch Galilei's Lehre von der Zusammensetzung der Bewegungen längst nachgewiesen worden; sie wird heut zu Tage nur noch von gänzlich Unkundigen vorgebracht, und wir haben hier nur deswegen nöthig auf die Betrachtung des

Falls der Körper auf der Oberfläche der Erde einzugehen, da eine genauere Ueberlegung gerade gegentheils zu dem Schlusse führt, daß ein etwa von Thurmeshöhe herabfallender Körper, weil ihm oben eine kleinwenig raschere Mitdrehungs-Geschwindigkeit eingeprägt wird, als den Gegenständen unten am Fuße des Thurmes, eben zufolge jener Lehre eine kleine Abweichung nach Osten zeigen müsse. Eine einfache Rechnung zeigt, daß eine solche Abweichung vom Lothe bei einer Fallhöhe von 50 F. in unseren Gegenden ungefähr 1 Millimeter beträgt, also eine Größe, die allerdings noch mit unbewaffnetem Auge recht wohl zu erkennen, doch immerhin so klein ist, daß sie sich nicht ganz leicht von den Beobachtungsfehlern abtrennen läßt. Zwar kann man den Einfluß der letzteren durch eine hinreichend häufige Wiederholung des Versuchs so weit beseitigen, daß eine wissenschaftliche Entscheidung dieser Frage dadurch deutlich genug erzielt wird; indessen möchte doch Mancher, dem diese Rechnungen zu verwickelt oder gar unzuverlässig vorkommen könnten, wenig geneigt sein, diesem Beweise ein nennenswerthes Gewicht beizulegen.

Endlich der Foucault'sche Pendelversuch giebt wohl unter den hier aufzuführenden Thatsachen die schlagendste Probe ab; indessen ist er einestheils gleich dem vorigen nicht ohne sehr sorgfältige Vorrichtungen anzustellen, anderntheils ist eine klare Einsicht in denselben noch schwieriger zu gewinnen, als in jene Benzenbergischen Versuche, weil er sich auf einen Lehrsatz der Mechanik gründet, der eben selbst nicht so klar ist, daß er nicht noch eines näheren Beweises bedürfte. Ja, wenn ein solcher Versuch an einem der Erdpole selbst anzustellen wäre, so würde man dort geradezu sehen können, wie sich die Erdkugel unter einem stets in seiner ursprünglichen Schwingungs-Ebene verharrenden Pendel so zu sagen hinwegdrehte und erst nach Verlauf

von vier und zwanzig Stunden in ihre erste Lage zurückkehrte; aber wenn auch das kühne Unternehmen unserer muthigen Bremer Landsleute uns die Aussicht eröffnet hat, daß demnächst am Nordpol selber wissenschaftliche Beobachtungen angestellt werden können, so wird doch wohl noch manches Jahr darüber hingehen, bis die allgemeine deutsche Lehrer-Versammlung es unternimmt, ihre Jahres-Zusammenkunft eben daselbst anzuberaumen.

Also das sind die beobachteten Thatsachen, wird ein guter Aristoteliker sagen können, aus welchen die neueren Naturforscher den Beweis für die Drehung der Erde um sich selbst entnehmen wollen; damit wagen sie es, dem einfachen und klaren Zeugnisse unserer täglichen handgreiflichen Sinneswahrnehmungen vor dem Richterstuhle des gesunden Menschenverstandes gegenüber zu treten. Auf die Aussage von vier so wenig zuverlässigen Zeugen sollen wir mehr Gewicht legen, als auf das was nicht nur wir mit eigenen Augen sehen, sondern was auch die Augen und der Verstand aller Menschen von Adam bis Copernicus deutlich als wirklich und wahr erkannt haben. Und der gesunde Menschenverstand würde ihm vielleicht nach kurzem Bedenken, doch am Schlusse höchst wahrscheinlich vollkommen Recht geben. Ja, wenn das noch nöthig erscheinen sollte, so würde in oberster Instanz die mathematische Wahrscheinlichkeits-Theorie solches Urtheil nur bestätigen und gar noch verschärfen können. Denn aus dem oben erwähnten Lehrsatze über die Verbindung der Wahrscheinlichkeiten mehrerer Ereignisse ergiebt sich für Betrachtungen dieser Art der Folgerungssatz: Wenn mehrere Zeugen, von denen jeder so unzuverlässig ist, daß eher anzunehmen steht, er irre, als er rede der Wahrheit gemäß, in ihren Aussagen auch übereinstimmen; so wird dadurch ihr Gesammtzeugniß keineswegs gekräftigt, sondern muß vielmehr für schwächer angesehen werden, als das jedes einzelnen für sich genommen; — denn es ist ja

bekanntlich das Product zweier ächten Brüche kleiner als jeder einzelne von ihnen. Wenn freilich ein Unterſuchungsrichter bei der practiſchen Anwendung dieſes in der Theorie richtigen und dort leicht in aller Strenge beweisbaren Satzes ſeine großen juriſtiſchen Bedenken hegen möchte, da es ihm nicht allein darauf ankömmt, in welchem Maße die ausſagenden Zeugen Vertrauen verdienen, ſondern eben ſo ſehr und vielleicht noch mehr darauf, ob das Ausgeſagte an ſich auf eine größere oder geringere Glaubwürdigkeit oder Wahrſcheinlichkeit Anſpruch zu machen hat; ſo würde dies gerade im vorliegenden Falle nur ſehr wenig verſchlagen, da in der That an ſich, vom rein logiſchen Standpuncte aus betrachtet, der Möglichkeit des Falls, daß die Erde ſtille ſtehe, ein gewiß eben ſo großes Anrecht auf Wirklichkeit zuzuerkennen iſt, wie der des Gegentheils.

Doch laſſen wir dieſe immerhin Manchem ſpitzfindig erſcheinenden Lehrſätze bei Seite, da am Ende der geſunde Menſchenverſtand doch bei der Ueberzeugung verharren möchte, daß er in ſeinem dunkeln Drange des rechten Weges ſich wohl bewußt ſei und bleibe. Bekennen wir vielmehr ohne Umſchweife und ohne Vorbehalt, daß die Beweiſe für die Axendrehung der Erde, welche unmittelbar aus jenen beobachteten Thatſachen abgeleitet werden können, nicht bloß jeder für ſich allein genommen nur auf ziemlich ſchwachen Gründen ruhen, ſondern daß auch alle vier zuſammen genommen noch lange keine hinreichend feſte Baſis abgeben, um darauf ſicher weiter zu fußen.

Vernehmen wir nun, was denn ein geſchickter Anwalt gegen diejenigen Gründe vorzubringen vermag, welche von den Aſtronomen für die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne angeführt werden.

Hier könnte man ſofort von vorn herein einwenden, was Tycho Brahe ſeinem Freund und Gegner Rothmann ſchreibt:

(426)

Wenn die tägliche Bewegung nicht Statt findet, zu was Ende ſoll denn noch die jährliche dienen? Doch da dürfen wir wohl eben ſo gut gegenfragen: Wenn die jährliche Bewegung als wirklich anerkannt werden muß, aus welchem Grunde will man denn noch die tägliche für unmöglich erklären?

Von den hierher gehörigen Thatſachen haben wir hauptſächlich als ſolche, die von der Gravitationstheorie Newton's unabhängig ſind, und darum als die ſprechendſten zu erwähnen: die Parallaxe der Fixſterne und die Aberration des Lichtes. In engem, theils hiſtoriſchen, theils ſachlichen Zuſammenhange damit ſtehen aber noch zwei andere, die wir eben ſchon deshalb nicht übergehen dürfen, nämlich: das Vorrücken der Nachtgleichen-Puncte und das ſogenannte Wanken der Erdaxe. Beginnen wir mit letzteren beiden.

Das Vorrücken oder die Proceſſion der Nachtgleichen iſt eine ſehr alte aſtronomiſche Thatſache, vielleicht ſchon den Aegyptern bekannt geweſen, ſicher aber von Hipparch (150 v. Chr.) beobachtet und uns überliefert. Newton erklärte ſie als eine Folge der Abplattung der Erde und der vereinten Anziehung, welche Sonne und Mond auf unſern Planeten ausüben. Und gerade dieſe Erklärung, wiewohl in ihren Einzelnheiten von Newton ſelbſt noch nicht vollkommen ſtreng durchgeführt, hat ſeiner Lehre raſcher und kräftiger einen ſiegreichen Eingang in die Gemüther ſeiner Zeitgenoſſen verſchafft, als manche ſeiner übrigen Darlegungen, welche außerdem faſt ſammt und ſonders in hohem Grade die Kraft der geometriſch-mechaniſchen Abſtraction und dazu noch die Hülfe eines Zweiges der Mathematik in Anſpruch nehmen, welcher dazumal noch im Entſtehen begriffen war und heute unter dem Namen der Analyſis des Unendlichen oder auch der Differential- und Integral-Rechnung bekannt iſt. Je mehr ſich die Kenntniß derſelben auch auf dem Feſtlande ver-

breitete, wo sie übrigens unter Leibnitz' und Bernoulli's Händen eine wesentlich andere und faßlichere Form empfing, um so mehr mußte sich die Ansicht Bahn brechen, daß Newton's Erklärung des Fortrückens der Nachtgleichen in der That dem wirklichen Sachverhalte entspreche — zumal da auf anderem Wege wissenschaftlich durchgeführte Versuche zur Erklärung dieser Erscheinung kaum gemacht, wenigstens heute nicht mehr nennenswerth sind. In den Beobachtungen selbst zeigt sich dieselbe so, als ob der Pol des Himmels-Aequators alljährlich einen kleinen (etwa den sechs und zwanzigtausendsten) Theil eines Kreises beschreibe. Eine Folge davon ist dann die, daß ein sogenannter Polarstern nicht immer, wie zur Zeit, im Sternbilde des kleinen Bären zu suchen ist, sondern daß eben der Himmelspol allmählich andere und andere Lagen einnimmt, daß er nach etwa zehntausend Jahren mit der Wega zusammenfallen und erst nach sechs und zwanzigtausend Jahren wieder in seine gegenwärtige Stellung zurückkehren wird. Wer Newton's Ableitung der Präcession aus seiner eine jährliche Drehung der Erde bedingenden Gravitationstheorie nicht gelten lassen will, dem bleibt natürlich immer der Weg offen, eine andere Ursache für solche schon den Alten so auffällige und wirklich anders so sonderbare Bewegung der sämmtlichen Himmelskörper anzunehmen.

Unmittelbar an diese reiht sich die andere oben aufgeführte Erscheinung der sogenannten Nutation der Erdaxe. Sie ist von Bradley entdeckt, dem tüchtigsten Beobachter des vorigen Jahrhunderts, dessen Aufzeichnungen die Grundlage für alle neueren, namentlich die Fixsterne betreffenden Beobachtungen abgegeben haben. Am Himmel zeigt sie sich darin, daß jenes als Präcession der Nachtgleichen bezeichnete Fortschreiten des Pols nicht in strengem Sinne des Wortes in einem Kreise, sondern vielmehr in epicycloidischen Schlingen geschieht, nämlich so, als ob

der bewegliche Pol auf dem Umfange eines äußeren und kleineren Kreises rolle, welcher selbst wieder auf einem innern größeren rollt. Diese Thatsache haben Euler und d'Alembert gleichfalls als eine Folge derjenigen Bedingungen hingestellt, aus welchen die Präcession sich ergiebt.

Die Nutation sowohl wie die Aberration des Lichtes wurde von Bradley entdeckt, da er im Grunde etwas ganz anderes suchte, nämlich die jährliche Parallaxe der Fixsterne.

Wenn eine jährliche Bewegung der Erde stattfindet, letztere also in zwei Zeitpuncten, die um ein halbes Jahr auseinander liegen, an zwei verschiedenen Stellen des Raumes sich befindet, deren Abstand dann außerdem viele Millionen Meilen beträgt, so würden nicht allein die Planeten, sondern auch die Fixsterne, von zwei so entlegenen Puncten aus gesehen, in merklich anderer Lage erscheinen müssen. Die Aenderung, welche sich dann gewiß in den Winkeln zeigen müßte, die man als die Länge und Breite der Sterne zu bezeichnen pflegt, nennt man die (jährliche) Parallaxe derselben. Eine solche zeigte sich in den Beobachtungen, die Copernicus zu Gebote standen, keineswegs. Daraus schloß er, die Fixsterne müßten eine so unermeßliche Entfernung von uns haben, daß selbst der Durchmesser der Erdbahn verschwindend klein dagegen sei. Solche alles Maß übersteigende Strecken schienen indessen seinen Gegnern allzu ungeheuerlich. Nun haben aber neuere Beobachtungen, und zwar erst in unserem Jahrhundert, allerdings bei mehreren Fixsternen eine unverkennbar merkliche Parallaxe herausgestellt. Mithin, sagen die Copernicaner, ist wirklich eine Sache eingetroffen, welche durch unsere Hypothese bedingt ist. Wer also die jährliche Bewegung der Erde läugnet, muß auch diese Parallaxe einer besondern (etwa eignen) Bewegung der Sterne selber zuschreiben. Man kann nicht in Abrede nehmen, daß das denkbar ist, zumal da ja außerdem

eigene Bewegungen von Fixsternen wirklich nachgewiesen sind, so namentlich bei Doppelsternen. Allerdings sind letztere wesentlich anderer Art und haben mit der Umdrehung der Erde in 365 Tagen nichts zu schaffen, während die erwähnte Parallaxe in thatsächlichem Zusammenhange mit dem Erdenjahre steht. Doch sei es darum.

Gleichwie die Parallaxe der Sterne, so steht auch die vierte der oben genannten Erscheinungen, die Aberration des Lichtes, unmittelbar mit der Gravitations-Theorie in keinem Zusammenhange und ist noch weniger im Voraus erschlossen, sondern, wie bereits erwähnt, zufällig von Bradley bemerkt worden. Eben aus diesem Grunde und dann, weil ihre Erklärung so überaus einfach ist, kann diese Erscheinung als die unmittelbarste Bestätigung der jährlichen Erdbewegung angesehen werden; ja, sie ist fast geradezu einer sinnlichen Wahrnehmung gleich zu achten. Es wird daher nicht unangemessen sein, wenn wir dieselbe etwas umständlicher beschreiben.

Die Aberration des Lichtes ist im Wesentlichen fast dieselbe Erscheinung, wie die, welche schon jedes Kind wahrnimmt, wenn es im Regen umherläuft und da gar bald verspürt, daß ihm, auch wenn gar kein Wind weht, die Tropfen doch weit schärfer, weil schräger, ins Gesicht schlagen, als beim Stillestehen. Man braucht nun an die Stelle der vielen Tropfen in Gedanken nur die von allen Sternen ausgehenden Lichtstrahlen zu setzen, welche denn freilich mit unvergleichlich größerer Geschwindigkeit dahin fahren, an Stelle des Kindes-Antlitzes aber das mit Fernrohr und Meß-Instrument bewaffnete Auge des Astronomen. Das Laufen besorgen im ersten Fall des Kindes Beine, im andern aber die ganze Erdkugel, und während zur Wahrnehmung jenes dem Kinde begegnenden Vorganges einige wenige Minuten oder gar nur Secunden genügen, bedarf es

zum deutlichen Hervortreten der aſtronomiſchen Erſcheinung Monate oder doch Wochen.

Um die Sache in eine mehr mathematiſche Form zu kleiden, nehmen wir an, daß die Geſchwindigkeit des Laufenden ſich zu der des fallenden Regens etwa wie 1 zu 10 verhalten möge, wogegen die Geſchwindigkeit des Erdballs zu der des Sternenlichtes, den Ermittelungen des Dänen Olav Römer gemäß, etwa wie 1 zu 10000 ſteht. Das hat denn zur Folge, daß der Anprallswinkel im erſten Falle die auch dem Kinde ſchon empfindbare Größe von etwa 5 Grad hat, während er bei langſamerm Tropfenfall und raſcherem Lauf bedeutend höher, auf 10°, auf 20° und mehr ſteigen würde. Dagegen kann die größte Aberration des Lichtes nicht über 41 Secunden, alſo etwa nur den 450ten Theil des kleinſten der vorhin genannten Winkel betragen. Fügen wir, um die geringe Ausdehnung dieſes Winkels noch fühlbarer zu machen, hinzu daß 41 Secunden etwa der Unterſchied zwiſchen den beiden Sehrichtungen iſt, der ſich zeigen würde, wenn man einen Menſchen von 6 Fuß Höhe in einer Entfernung von ungefähr ¼ Meilen vom Scheitel bis zur Sohle mißt.

Alle vier genannten Erſcheinungen ſind alſo durchaus hinreichend beſtätigt, und die in Frage kommenden Winkel, ob zwar an ſich nur klein, doch ungemein viel größer, als die Gränzen der dabei unvermeidlichen Beobachtungsfehler. Alle vier ſtimmen überein mit Copernicus' Anſicht und mit Newton's Lehre, aus welcher ſie ja überdem zum Theil folgen. Wer die Bewegung der Erde leugnet, muß annehmen, daß jede derſelben aus einer beſondern Quelle entſpringe, möge dieſe nun phyſiſcher oder rein optiſcher Natur ſein. Oder wenn Jemand ihnen einen andern gemeinſchaftlichen Urſprung zuweiſen will, ſo ſteht das zu verſuchen ihm natürlich frei; jedoch übernimmt er damit die Verpflichtung, ſie mit einander in eben ſo guten Einklang zu brin-

gen, als ſie gegenwärtig in der Aſtronomie ſtehen. Dieſen vier Zeugen, welche wir, da ſie außerhalb unſers engern Sonnenſyſtems gewiſſermaßen anſäſſig ſind, als durchaus parteilos und zuverläſſig bezeichnen dürfen, könnten wir mit gutem Gewiſſen noch eine lange Reihe anderer beigeſellen, die nach Newton's Lehre innerhalb unſerer Welt-Inſel wohnen müſſen und welche in der That auch als daſelbſt heimatberechtigt mehr oder weniger vollſtändig ſich ausgewieſen haben. Ihre Namen wenigſtens noch zu erwähnen, wird ein billiger Richter gewiß geſtatten. In den Bahnen ſämmtlicher Planeten und ihrer Trabanten, namentlich aber in der unſeres Mondes, ſind zahlreiche kleine Abweichungen bemerkbar und zum (freilich nur geringen) Theil ſchon vor der Erfindung des Fernrohrs (von Ptolemäus und Tycho) bemerkt worden — Abweichungen von den Wegen nämlich, welche jene Körper durchlaufen müßten, wenn ſie in aller Strenge den Kepler'ſchen Geſetzen Folge leiſteten. Die Urſache aller dieſer Ungleichmäßigkeiten, oder, wie man ſie in der Aſtronomie nennt, dieſer Gleichungen hat man einzig und allein in den gegenſeitigen Störungen geſucht und gefunden, welche in Folge der allgemeinen Gravitation jeder dritte Körper auf die Bahn eines um einen Haupt- oder Centralkörper rollenden zweiten oder planetariſchen Körpers ausübt. Auch iſt es hier am Orte, auf eine der höchſten Leiſtungen der Wiſſenſchaft hinzuweiſen, auf die Thatſache, daß lediglich aus ſolchen Ungleichmäßigkeiten Leverrier nicht nur das Vorhandenſein eines jenſeit des Uranus kreiſenden und dieſen in ſeiner Bahn ſtörenden Planeten ermitteln, ſondern ſogar die Gegend, wo der Neptun am Himmel zu finden ſein mußte, ſo genau beſtimmen konnte, daß der Stern noch ſelbigen Tages, als die Nachricht davon nach Berlin kam, von Galle daſelbſt aufgefunden wurde.

Alle dieſe Hunderte von gewichtigen Thatſachen würden wir als mehr oder minder glaubwürdige Zeugen heranziehen dürfen,

wenn dem Gerichtshof, deſſen Urtheil allein die Sache hier unterſtellen zu wollen wir erklärt haben, wenn dem gemeinen Verſtande die Sprache der Algebra und Analyſis eben geläufig wäre. So aber müſſen wir allerdings befürchten, daß wir wohl ſchon jene vier nicht haben ſo deutlich laſſen ſprechen können, wie es für den Angeklagten wünſchenswerth ſein möchte. Laſſen wir es alſo bei den vier bewenden und betrachten die übrigen als zur Zeit unauffindbar, ſo möchten doch unparteiiſche Geſchworne, namentlich wofern ſie auf das ganz beſtimmt lautende Gutachten der Sachverſtändigen etwas geben, wohl mit einer an vollſtändige Ueberzeugung näher, als in manchen Schwurgerichtsfällen angrenzenden Sicherheit den Beweis als erbracht anſehen. Und ſolches Urtheil würde die Wahrſcheinlichkeitstheorie für diesmal gewiß noch mehr bekräftigen, als das vorhin im erſten Falle abgegebene, welchem übrigens für unſere Perſon keineswegs beitreten zu wollen wir hier nachträglich zu bemerken wohl kaum noch nöthig haben. Nehmen wir gegenwärtigen Falls an, daß der Ausſage jedes der vier erwähnten Zeugen etwa eine Glaubwürdigkeit oder Wahrſcheinlichkeit von $\frac{3}{4}$ beizulegen ſei, ſo daß alſo anzunehmen ſtehe, jeder derſelben ſpreche 3mal der Wahrheit gemäß, während er nur 1mal irre — oder, etwas anders ausgedrückt, meint man 3 gegen 1 wetten zu dürfen, daß jeder einzelne nicht lüge, ſo iſt nunmehr, da alle vier übereinſtimmend ausſagen, $3 \times 3 \times 3 \times 3$ alſo 81 gegen 1 zu wetten, daß ihre Rede wirklich wahr ſei. Freilich wer ihnen grundſätzlich keinen Glauben ſchenken will, wer höchſtens ſich herbeiläßt, zuzugeben, daß jeder von ihnen eben ſo leicht wahr als falſch ausſage, für den bleibt die Geſammtwahrſcheinlichkeit immer dieſelbe, wie ſie ihm bei jedem einzelnen Zeugen war, nämlich $\frac{1}{2}$ d. h. alſo, die eine Behauptung erſcheint ihm nicht wahrſcheinlicher als die andere.

In der That auch, weshalb ſollte es der Allmacht des Schöpfers nicht möglich ſein, ſtatt einer einzigen Quelle, woraus

jene vier sonst so sonderbaren Bewegungen der Himmelskörper fließen sollen und immerhin noch ein paar hundert andere dazu, wirklich vier und mehr von einander ganz unabhängige Quellen geschaffen zu haben? Und gewiß wird eine ganze Reihe von Menschen, denen darum nicht im Geringsten der gesunde Verstand abgesprochen werden kann, noch lange Zeit auf jenem Standpunct des Zweifels verharren und immer wieder darauf zurückkommen, nämlich alle die, welche entweder in solchen Dingen keine bestimmte Ansicht gewinnen können oder sich selbst des Urtheils darüber mit oder ohne Absicht begeben wollen. Sie werden sich immerhin dabei um nichts schlechter befinden, als die, welche gelehrter sind oder zu sein glauben. Nur wird erlaubt sein, ihnen zuzurufen: Schuster bleib bei deinem Leisten!

Fassen wir das Ergebniß unserer Betrachtungen zusammen, so werden wir sagen müssen, daß die aus den beobachteten Thatsachen durch Rückschluß gezogenen Beweise freilich wohl mit einer großen Wahrscheinlichkeit und zwar auch noch erheblich größern, als der oben beispielshalber angedeuteten von 81 zu 82, für die Copernicanische Lehre sprechen, jedoch noch keineswegs mit voller mathematischer Gewißheit. Und vergessen wir zum Schluß nicht, daß wenn wir den seit Newton's Tagen immer kleiner gewordenen Rest von Unsicherheit auch ganz und gar für Null erachten wollten, ob solche, dann also voll = 1 gerechnete Wahrscheinlichkeit nicht noch mit einem Unsicherheits-Factor, fast möchte ich sagen mit einer Aberrations-Constante zu multipliciren ist, welche dieser wie jeder andern ähnlichen Beweisführung ein erheblich geringeres Gewicht würde zukommen lassen, als man nach dem Bisherigen ihr zuzuschreiben recht wohl könnte geneigt sein.

IV.

Als die höchste in wissenschaftlichen Dingen zu erreichende Gewißheit wird gemeiniglich die der Mathematik angesehen.

Dürfen denn wirklich die Lehrsätze der Geometrie und die noch einfacheren der reinen Arithmetik auf eine unbedingte Gültigkeit Anspruch machen? Ist der Satz, daß die Summe der Katheten-Quadrate gleich dem Quadrate der Hypotenuse, eben so gewiß wahr, wie jener Satz, den Carteſius als die Grundlage aller menſchlichen Erkenntniß glaubte annehmen zu müſſen: „ich denke, alſo bin ich?"

Die mathematiſchen Lehrſätze werden nach Maßgabe der dem menſchlichen Geiſt innewohnenden Denkgeſetze abgeleitet aus einigen wenigen Grundſätzen. Hiemit iſt denn auch zugleich angedeutet, welcher allgemeinen Bedingung und welcher beſondern Einſchränkung die Gewißheit der Mathematik unterliegt. Die dieſer, wie jeder andern Wiſſenſchaft, zu Grunde liegende allgemeine Vorausſetzung iſt die, daß nicht nur die logiſchen Geſetze unſers Denkens, ſondern namentlich auch die pſychologiſchen Grundanſchauungen des menſchlichen Geiſtes wirklich die richtigen d. i. der Natur der Dinge angemeſſenen ſind, daß der Schöpfer — um Spinoza's Worte zu gebrauchen — ſie uns nicht betrüglicher Weiſe eingepflanzt hat. Eine ſolche Behauptung hat wohl ſelbſt der kühnſte Zweifler nicht gewagt; doch hat es in alten wie in neuen Zeiten Sonderlinge gegeben, wie Pyrrho den Eleer und Peter Bayle, die da nur den einen Satz anerkennen, daß dem Menſchen überhaupt jede Möglichkeit einer adäquaten d. i. wirklich zutreffenden Erkenntniß vollſtändig verſchloſſen ſei, daß mithin keiner einzigen menſchlichen Behauptung eine höhere Wahrſcheinlichkeit zugeſchrieben werden dürfe als $\frac{1}{2}$. Mit Jemanden, der dieſer Lehre wirklich in aller Strenge nachleben will, iſt denn freilich weder Streit noch Verſtändigung möglich. Aber auch wer annimmt, daß es dem Menſchen gegeben ſei, einen immerhin noch ſo geringen Schritt über dieſe Gränze hinaus gelangen zu können, der wird den Lehrſätzen der Mathematik keinen größeren, doch auch keinen geringern Grad

von Gewißheit zuſchreiben, als er den Grundſätzen derſelben beizulegen ſich gezwungen fühlt.

Wir müſſen uns hierorts begnügen, die Forderung aufzuſtellen, daß man dieſe Grundſätze anerkenne; denn erſt damit kann unſere Wiſſenſchaft beginnen. Geleugnet hat ſie, ſo weit uns bekannt, noch niemals Jemand, der ſeiner Sinne mächtig war; nur den Wunſch, daß man ſich ihrer doch nicht bedienen ſolle, kann man hie oder da von ſolchen hören, welche auf, unſerer Anſicht nach, ganz verkehrte Wege gerathen ſind. Doch darf nicht verſchwiegen werden, daß einzelne davon nicht ohne Weiteres allgemein verſtändlich und darum auch nicht ganz und gar, nämlich rückſichtlich ihrer formellen Faſſung nicht unangefochten geblieben ſind. Wir erinnern nur an den vielberufenen eilften Euclidiſchen Grundſatz, welcher die Grundlage der Lehre von den parallelen Linien bildet. Noch in neuſter Zeit iſt derſelbe gewiſſer Maßen in Zweifel geſtellt, oder richtiger, er iſt von einem allgemeineren Geſichtspuncte aus betrachtet. Und ähnlich, in Bezug auf die Schwierigkeit des Verſtändniſſes beim erſten Anblick, ſteht es mit den Grundſätzen desjenigen Theils der Mathematik, um welchen es ſich hier in erſter Reihe handelt, der Mechanik. Dies liegt namentlich daran, daß die Begriffe von Kraft und Maſſe, von Geſchwindigkeit und ſogenannter lebendiger Kraft, als welche das eigentliche Material dieſer Wiſſenſchaft bilden, nicht ſo einfacher Natur ſind, wie die heut zu Tage wohl Jedermann geläufigen Begriffe der Zahl und des Raumes, der Zeit und der Bewegung; insbeſondere leuchtet wohl nicht Jedem ſofort ein, daß ſie eben ſo wohl wie jene Continua oder, um mit Herbart zu reden, reihenförmige Anſchauungen ſind. Erſt wenn letztere eben ſo allgemein ins Volksbewußtſein werden eingedrungen ſein, wie jene — erſt dann werden die Lehrſätze der Mechanik ein ſo allgemeines Verſtändniß finden können, wie gegenwärtig der bis dahin allein ſogenannten reinen Mathematik.

Der geneigte Leſer möge mir jetzt geſtatten, ihm den mathematiſchen Beweis des Satzes von der Bewegung der Erde in möglichſt gedrängter Form vorzuführen. Voran ſchicken wir, mathematiſchem Brauche gemäß, die nöthigen Begriffs-Beſtimmungen.

Die Mechanik nennt Maſſe oder träge alles das, zu deſſen Bewegung Kraft erforderlich iſt, und umgekehrt, unter Kraft verſteht ſie nichts anders, als die Urſache der Bewegung einer Maſſe.

Die drei Grundſätze, wie ſie Newton an die Spitze ſeines Werks geſtellt hat, ſind dann folgende:

1) Jede Maſſe verharrt in ihrem Zuſtande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, ſo fern ſie nicht von eingeprägten Kräften gezwungen wird, jenen Zuſtand zu ändern. 2) Die Aenderung der Bewegung iſt der eingeprägten Kraft proportional und geſchieht in der geraden Linie, in welcher die Kraft eingeprägt wird. 3) Mit jeder Wirkung iſt eine ihr gleiche Gegenwirkung verbunden, oder: die Wirkungen zweier Maſſen auf einander ſind ſtets gleich und entgegengeſetzt gerichtet.

Aus jenen beiden Begriffs-Beſtimmungen und dieſen drei Grundſätzen folgt nun mit mathematiſcher Gewißheit durch eine Reihe von geometriſchen oder auch analytiſchen Entwickelungen der Haupt-Lehrſatz: Wenn zwiſchen zwei Maſſen eine Anziehung Statt findet, ſo drehen ſich dieſelben um ihren gemeinſchaftlichen Schwerpunct — wobei wir denn ein etwaiges geradliniges Gegeneinanderlaufen als eine beſondere Art von Drehung aufzufaſſen haben, als eine ſolche nämlich, wobei die Geſchwindigkeit nach der Seite (nach der Breite) hin als Null anzuſehen iſt.

Von dieſem Satz gilt dann erweislich noch die Umkehrung, nämlich: Wenn zwei Maſſen ſich um einander bewegen, ſo muß zwiſchen ihnen eine gegenſeitige Anziehung ſtattfinden.

Nehmen wir dazu als eine einfache Neben-Folgerung noch

den Satz: Wenn die Masse des einen Körpers die des anderen um ein Hinreichendes überwiegt, auf daß der Schwerpunct beider noch innerhalb des größern falle, so zeigt sich solche Doppel-Bewegung, als wie wenn nur der kleinere sich bewegte und um den größeren kreisete, letzterer aber still stände; — so haben wir gleichsam in einer Nuß das ganze mathematische Material beisammen, welches erforderlich ist, um in der strengsten Form die für jeden menschlichen Verstand jetzt unabweisbare Folgerung zu ziehen, daß die Erde sich um die Sonne drehen müsse.

Stellen wir uns nämlich mit diesen Einsichten ausgerüstet auf den Standpunct Kepler's und Tycho's, so werden wir nicht umhin können, zu schließen: die Planeten (unter denen wir also nun wieder die Erde noch nicht mit begreifen) drehen sich um die Sonne, wie die Beobachtungen unzweideutig erkennen lassen; mithin muß nach Newton's Sätzen gegenseitige Anziehung zwischen Sonne und Planet stattfinden — und es ergiebt sich dann auch, daß die Masse der Sonne die jedes Planeten (ja aller zusammen genommen) in einem bedeutenden Verhältnisse überwiegt. Eine träge Masse ist aber die Erde ohne Zweifel gleichfalls, es wird also auch zwischen ihr und der Sonne gegenseitige Anziehung sein, folglich müssen sich beide um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct bewegen. Damit ist denn die Aristotelische Annahme, daß die Erde das unverrückbare Centrum des Weltalls bilde, als durchaus unhaltbar nachgewiesen — und wir würden zugleich auch unsere Aufgabe als vollständig erledigt ansehen dürfen, wenn nicht hier gleichsam im letzten Augenblicke noch ein Einwand sich erhöbe, der mit einem Schlage unser ganzes künstliches Gebäude von Schlüssen zu zertrümmern drohte, der Einwurf nämlich, daß die Masse der Erde nicht etwa bloß quantitativ, also ihrer Größe nach, sondern auch qualitativ d. i. ihrer wesentlichen innern Beschaffenheit nach ganz und gar von derjenigen der Himmelskörper verschieden sei und daher zu dieser, geometrisch genom-

men, in gar keinem meßbaren Verhältnisse stehen könne. Zu Tycho's Zeiten gipfelte dieser neue Zweifel in der Frage, ob das Centrum der Erde bloß etwa der geometrische Mittelpunct der Welt oder ob es auch der Schwerpunct aller überhaupt vorhandener Massen sein müsse. Auch heut zu Tage würde die Astronomie keinen ganz leichten Stand haben gegen die Behauptung, daß letzteres in der That die richtige Ansicht von der Sache, daß also die von uns jetzt allgemein so genannten Himmels-Körper wirklich nur leere, massenlose Trug- und Scheinbilder seien, reine Licht-Erscheinungen, von der gütigen Hand der Natur den Erdbewohnern zu nächtlicher Unterhaltung und allenfalls ein bischen Erleuchtung beschеert — wenn, um von der neuesten Widerlegung dieser Behauptung zu schweigen, welche die Chemie in der Spectral-Analyse gewährt, wenn, sagen wir, der Mond nicht wäre. Diesem treuen Begleiter und Vasallen unserer Erde danken wir nicht allein vor allen übrigen Gestirnen die große Entdeckung Newton's — die sonst uns vielleicht noch Jahrhunderte lang verhüllt geblieben wäre — sondern namentlich auch die kurze und bündige Entscheidung gegenwärtiger Frage. Aus den Beobachtungen der Winkel, welche das Dreieck Erde, Mond, Sonne in seinen verschiedenen Lagen darbietet, schloß schon Aristarch der Samier auf das Verhältniß der Entfernungen beider Scheiben von uns (es ist wie 1 zu 400); daraus konnte denn Hipparch, als Entdecker ihrer täglichen Parallaxe, auf das Verhältniß der Durchmesser und somit auch der Raum-Inhalte der drei Kugeln schließen (es ist wie 1 zu $\frac{1}{50}$ und 1 zu 1.500.000) und hieraus zu guter Letzt Newton auf das ihrer Massen, welches er nicht etwa wie 1 zu 0 und abermals zu 0 fand, sondern das etwa wie 1 zu $\frac{1}{90}$ und zu 360000 ist.

Und nun zum Schluß wollen wir noch betrachten, auf welchen Grundlagen denn eigentlich das Gerüste ruht, von dem aus die Wissenschaft von heute den unermeßlichen Himmelsbau an-

ſehen kann. Ueberſchauen wir alſo unſere Deduction noch einmal und erinnern uns dabei nunmehr, daß im Grunde nur an Stelle einer zweifelhaften Hypotheſe eine andere getreten iſt, die wir allerdings in ſo fern für minder zweifelhaft erachten dürfen, als ſie eine allgemeinere, umfaſſendere iſt. An Stelle der rein optiſchen Hypotheſe des Copernicus iſt eben die mehr phyſicaliſche des Newton von der allgemeinen Anziehung aller vorhandener Maſſen, oder noch tiefer hinab die von den drei Galileiſchen Grundſätzen getreten. Worauf ruhen denn dieſe? Vor allen Dingen ſind ſie richtig, oder beſſer geſprochen, da abſolute Gewißheit nun einmal unſer Erbtheil nicht iſt, welcher Grad von Wahrſcheinlichkeit gebührt ihnen? — Sie fließen eben aus keinen andern Quellen, als woraus überhaupt alle unſere Wiſſenſchaft ſchöpft, aus ſinnlicher Erfahrung und geiſtiger Verarbeitung derſelben; aber ſie ſind nicht etwa lediglich zu ſpeciell aſtronomiſchen Zwecken erſonnen und künſtlich durchgeführt. Auch wenn wir von ſämmtlichen Himmelskörpern Nichts ſehen könnten, wenn uns nur ein Licht umſtrahlte, ohne daß wir deſſen Ausgangspunct mit irgend einem leiblichen Organe gewahr werden könnten, und alsdann im Scheine deſſelben die Vorgänge auf der Erde betrachteten; ſo würden wir aus dieſen ganz allein, wie ja Galilei gethan, die nämlichen Grundſätze entnehmen können. Nicht bloß die Mechanik des Himmels beruht auf ihnen, ſondern eben ſowohl die Mechanik der irdiſchen Körper, welche in unſern Tagen einen ſo ungemeinen Aufſchwung genommen hat, daß unter ihrer Führung Erfindungen und Einrichtungen möglich geworden ſind, an welche unſere Voreltern nicht einmal denken konnten. Alle die Verwendungen, welche die Kraft des Windes und des Waſſers, der Wärme und des Dampfes, des Lichts und der Electricität, des Galvanismus und des Magnetismus gefunden haben, beruhen entweder ganz oder mehr und minder auf dieſen Lehren. Ja noch mehr, ſie finden in der geiſtigen

und sittlichen, in der socialen wie in der politischen Welt, in der organischen wie anorganischen Natur ihre Anwendung, heute wie vermuthlich schon zu der Zeit, da Adam grub und Eva spann. Denn ohne diese Betrachtungen noch länger hinspinnen zu wollen, fragen wir einfach nur, ob es unumstößliche Wahrheiten sind, oder nicht: 1) daß nichts von selbst geschehe — und dies ist in seiner allgemeinsten und darum rohesten Form das erste Newtonsche Gesetz der Trägheit der Massen; 2) daß zu doppelter Leistung auch doppelte Kraftanstrengung gehört — denn darauf etwa läuft in der gemeinverständlichsten Richtung der zweite Grundsatz von der Proportionalität zwischen Kraft und Geschwindigkeits-Aenderung hinaus; 3) daß wenn ein Ding auf ein anderes wirkt, jenes auch auf dieses und zwar in gleichem Maße zurückwirke — das dritte von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung. So gewiß als einerseits diese Wahrheiten, so gewiß andrerseits das Zeugniß unserer mit Verstand angewendeten Sinne, und schließlich so gewiß als logische Folgerungen keine Lügengewebe sind — genau so gewiß ist, natürlich immer abgesehen von einem unbestimmbaren gemeinschaftlichen Irrthums-Factor aller menschlichen Wissenschaft, der Satz von der Bewegung der Erde um die Sonne.

Derselbe ist aber in das Archiv der Fachgelehrten und zwar zunächst Englands bereits im Jahre 1686, wo Newton sein erwähntes Werk der Londoner Academie übergab, wie ein wohlerworbenes Besitzthum niedergelegt, jedoch von da in den geistigen Hausrath der Gebildeten, namentlich des Festlandes, vorzugsweise wohl erst durch die lichtvolle und elegante Darstellung Voltaire's übergegangen, dessen Exposition nouvelle du système de Newton 1738 im Druck erschien. Zum Allgemeingut unseres Volkes, überhaupt des größeren Theils des civilisirten Europa's ist er erst seit den Achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts geworden, seitdem es hier nicht bloß mehr Kloster- und Lateinschulen,